

Lampiran A

SUSUNAN UDARA BERSIH DAN KERING (Wardhana,1995)

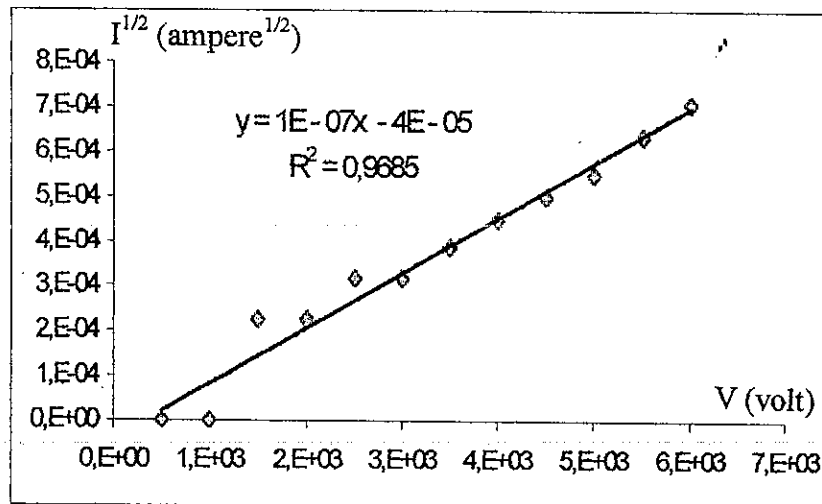
Unsur	Fraksi Volume (%)	Kandungan (ppm)
1. Nitrogen	78,09	780.900
2. Oksigen	20,94	209.400
3. Argon	0,93	9.300
4. Karbondioksida	0,0318	318
5. Neon	0,0018	18
6. Helium	0,00052	5,2
7. Krypton	0,0001	1
8. Xenon	0,000008	0,008
9. Nitrogen oksida	0,000025	0,25
10. Hidrogen	0,00005	0,5
11. Metana	0,00015	1,5
12. Nitrogendioksida	0,0000001	0,001
13. Ozone	0,000002	0,02
14. Belerangdioksida	0,00000002	0,0002
15. Karbon monoksida	0,00001	0,1
16. Amonia	0,000001	0,01

Lampiran B : Hasil Pengukuran Karakteristik Tegangan terhadap Arus dan
Perhitungan Mobilitas Ion

Tabel B. Hasil Pengukuran Karakteristik Tegangan terhadap Arus untuk Gas O₂,
CO₂, Ar dan Uap Air H₂O

Tegangan (kV)	O ₂ I (μA)	CO ₂ I (μA)	Uap Air (H ₂ O) I (μA)
0,5	0	1	18,3
1,0	0	1,67	26,67
1,5	0,05	2,17	35,00
2,0	0,05	3,00	43,33
2,5	0,1	3,83	58,33
3,0	0,1	4,67	63,33
3,5	0,15	5,67	81,67
4,0	0,2	6,67	101,67
4,5	0,25	7,83	130,00
5,0	0,3	9,00	153,33
5,5	0,4	10,00	253,33
6,0	0,5	16,67	356,67

Tegangan (kV)	Ar I (μA)
0,2	0,67
0,4	1
0,6	1
0,8	1,33
1,0	1,67
1,2	2,00
1,4	2,00
1,6	2,83



Grafik B₁. Grafik perhitungan mobilitas ion O₂⁻.

Dari grafik di atas didapatkan persamaan regresi :

$$I^{1/2} = 1 \cdot 10^{-7} V - 4 \cdot 10^{-5}$$

Dari persamaan garis regresi tersebut didapatkan gradien sebesar $1 \cdot 10^{-7}$.

Mobilitas pembawa muatan dapat dihitung dari persamaan :

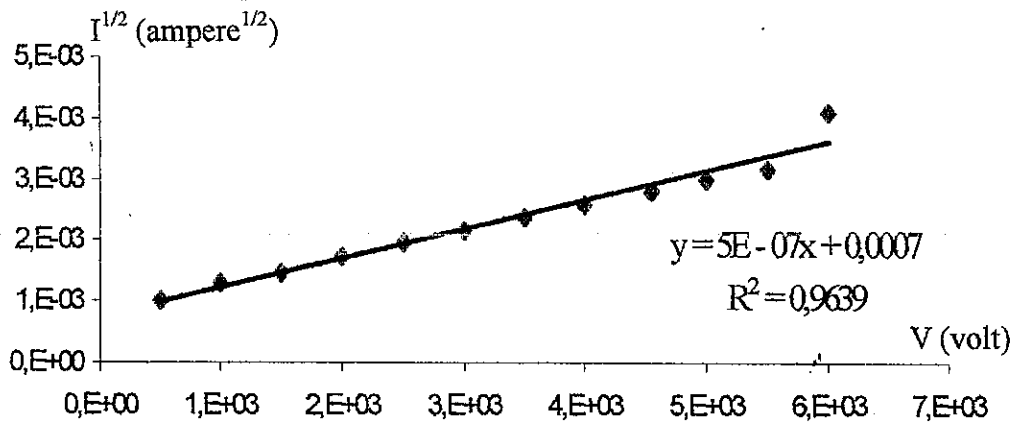
$$I_s = \left(\frac{2\mu\epsilon_0}{d} \right) V^2$$

menjadi : $\sqrt{I_s} = \sqrt{\frac{2\mu\epsilon_0}{d}} \cdot V$, maka mobilitas pembawa muatan (O₂⁻) :

$$\mu = \frac{(\text{gradien})^2 \cdot d}{2\epsilon_0} \quad \frac{\text{m}^2}{\text{Vs}}$$

$$\mu = \frac{(1 \cdot 10^{-7})^2 (0,7 \cdot 10^{-2})}{2 (8,8542 \cdot 10^{-12})} \quad \frac{\text{m}^2}{\text{Vs}}$$

$$= 3,9529 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^2/\text{Vs}$$



Grafik B₂. Grafik perhitungan mobilitas ion CO₂⁺

Dari grafik di atas didapatkan persamaan regresi :

$$I^{1/2} = 5 \cdot 10^{-7} V + 0,0007$$

Dari persamaan garis regresi tersebut didapatkan gradien sebesar $5 \cdot 10^{-7}$.

Mobilitas pembawa muatan dapat dihitung dari persamaan :

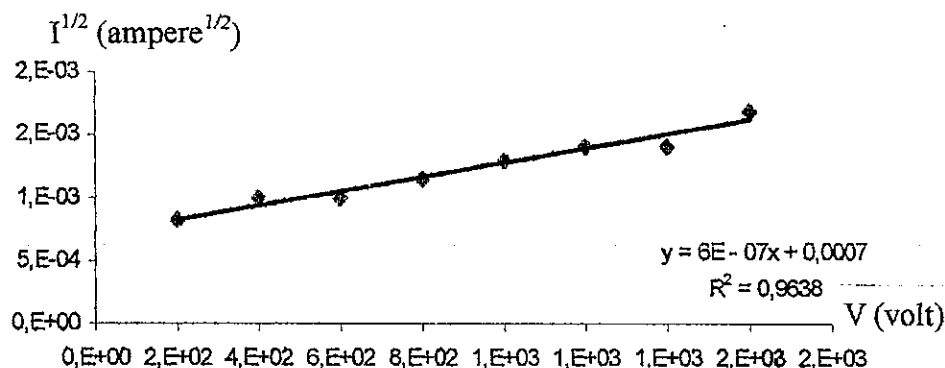
$$I_s = \left(\frac{2\mu\epsilon_0}{d} \right) V^2$$

menjadi : $\sqrt{I_s} = \sqrt{\frac{2\mu\epsilon_0}{d}} \cdot V$, maka mobilitas pembawa muatan (O₂⁻) :

$$\mu = \frac{(\text{gradien})^2 \cdot d}{2\epsilon_0} \quad \text{m}^2/\text{Vs}$$

$$\mu = \frac{(5 \cdot 10^{-7})^2 (0,7 \cdot 10^{-2})}{2 (8,8542 \cdot 10^{-12})} \quad \text{m}^2/\text{Vs}$$

$$= 0,988 \text{ cm}^2/\text{Vs}$$



Grafik B3. Grafik perhitungan mobilitas ion Ar^+ .

Dari grafik di atas didapatkan persamaan regresi :

$$I^{1/2} = 6 \cdot 10^{-7}V + 0,0007$$

Dari persamaan garis regresi tersebut didapatkan gradien sebesar $6 \cdot 10^{-7}$.

Mobilitas pembawa muatan dapat dihitung dari persamaan :

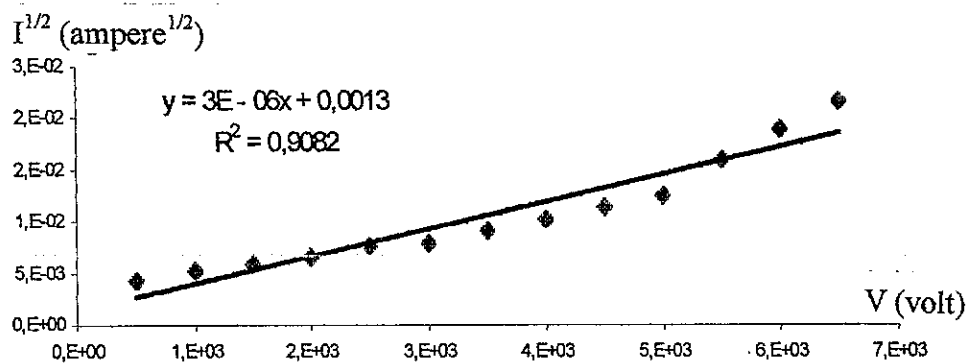
$$I_s = \left(\frac{2\mu\epsilon_0}{d} \right) V^2$$

menjadi : $\sqrt{I_s} = \sqrt{\frac{2\mu\epsilon_0}{d}} \cdot V$, maka mobilitas pembawa muatan (Ar^+) :

$$\mu = \frac{(\text{gradien})^2 \cdot d}{2\epsilon_0} \quad \text{m}^2/\text{Vs}$$

$$\mu = \frac{(6 \cdot 10^{-7})^2 (0,7 \cdot 10^{-2})}{2 (8,8542 \cdot 10^{-12})} \quad \text{m}^2/\text{Vs}$$

$$= 1,423 \text{ cm}^2/\text{Vs}$$



Grafik B₄. Grafik perhitungan mobilitas ion OH⁻ + H⁺

Dari grafik di atas didapatkan persamaan regresi :

$$I^{1/2} = 3 \cdot 10^{-6} V + 0,0013$$

Dari persamaan garis regresi tersebut didapatkan gradien sebesar $3 \cdot 10^{-6}$.

Mobilitas pembawa muatan dapat dihitung dari persamaan :

$$I_s = \left(\frac{2\mu\epsilon_0}{d} \right) V^2$$

menjadi : $\sqrt{I_s} = \sqrt{\frac{2\mu\epsilon_0}{d}} \cdot V$, maka mobilitas pembawa muatan (OH⁻ + H⁺) :

$$\mu = \frac{(\text{gradien})^2 \cdot d}{2\epsilon_0} \text{ m}^2/\text{Vs}$$

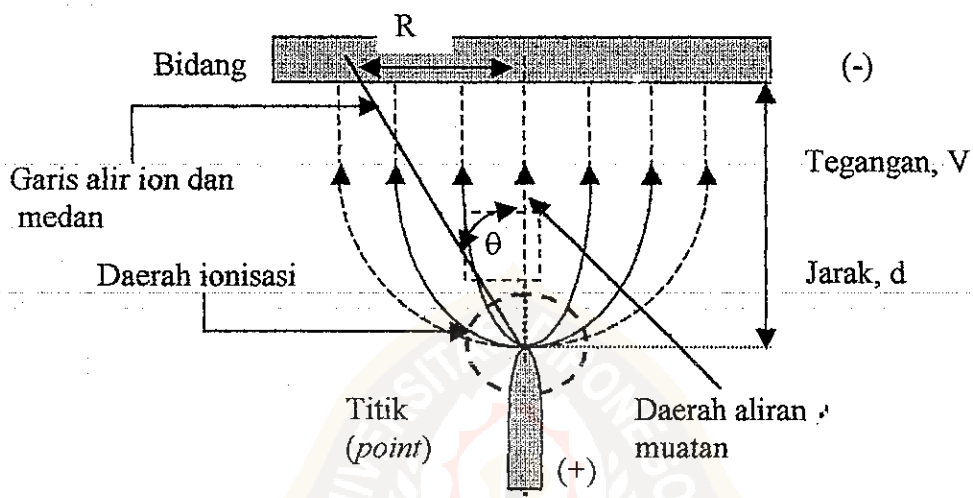
$$\mu = \frac{(3 \cdot 10^{-6})^2 (0,7 \cdot 10^{-2})}{2 (8,8542 \cdot 10^{-12})} \text{ m}^2/\text{Vs}$$

$$= 3,558 \cdot 10^1 \text{ cm}^2/\text{Vs}$$

Lampiran C : Pembuktian formula arus saturasi unipolar korona titik-bidang

(Sigmond, 1982)

Gambar 2.6 ditampilkan kembali sebagai berikut,



Satu jenis ion (unipolar) dengan mobilitas μ mengalir dengan rapat muatan $\rho(r,t)$ dan rapat arus $j = \rho v$ tanpa mengalami difusi dalam medan listrik $E(r,t)$, perubahan rapat muatan (ρ) sepanjang aliran adalah

$$\frac{d\rho}{dt} = \frac{\partial \rho}{\partial t} + v \cdot \nabla \rho \quad (1)$$

Dari persamaan kontinuitas diperoleh

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (v\rho) = \frac{\partial \rho}{\partial t} + v \cdot \nabla \rho + \rho \nabla \cdot v = 0 \quad (2)$$

Maka persamaan (1) dapat dituliskan

$$\frac{d\rho}{dt} = -\rho \nabla \cdot v = -\mu \rho \nabla \cdot E = \frac{-\mu \rho^2}{\epsilon_0} \quad (3)$$

Persamaan (3) dapat diintegrasikan sehingga diperoleh

$$\frac{1}{\rho(t)} - \frac{1}{\rho_0} = \frac{\mu}{\epsilon_0} (t - t_0) \quad ; \quad \rho_0 \equiv \rho(t_0) \quad (4)$$

Dengan ρ_0 adalah rapat muatan yang berada di dekat daerah ionisasi. Persamaan

(4) dinamakan sebagai formula aliran muatan unipolar.

Dengan asumsi ion unipolar berada tanpa pengaruh muatan ruang dengan waktu alir ion (T), maka persamaan (4) dapat diminimalkan menjadi,

$$\begin{aligned} \frac{1}{\rho} - \frac{1}{\rho_0} &= \frac{\rho_0 - \rho}{\rho_0 \rho} = \frac{\mu}{\epsilon_0} (t - t_0) = \frac{\mu T}{\epsilon_0} \\ \frac{\Delta \rho}{\rho} &= - \frac{\rho_0 \mu T}{\epsilon_0} = - \frac{\rho_0}{\rho_s} \\ \text{maka } \rho_s &\equiv \frac{\epsilon_0}{\mu T} \end{aligned} \quad (5)$$

dan ρ_s dinamakan rapat saturasi ion unipolar.

Apabila jarak aliran ion (L) dalam medan listrik (E) maka dapat diperoleh waktu alir $T = L / \mu E$, diketahui bahwa kecepatan alir ion rata-rata $v = \mu E = \mu V / L$. Dan ρ_s dapat dinyatakan kembali sebagai $\rho_s = \epsilon_0 E / L$, sehingga diperoleh rapat arus saturasi,

$$j_s = \rho_s \mu_s = \frac{\mu \epsilon_0 E^2}{L} \quad (6)$$

persamaan (6) disebut sebagai rapat arus saturasi ion.

Jika diberikan tegangan korona (V) laju rata-rata sepanjang medan adalah $\bar{v} = \mu E = \mu V / L$, dan waktu alir L / \bar{v} minimum, maka

$$\rho_L = \epsilon_0 \bar{E} / L, \quad j_L \approx \mu \bar{E} \sigma_L = \mu \epsilon_0 \bar{E}^2 / L = j_s$$

atau

$$j_s = \mu \epsilon_0 V^2 / L^3 \quad (7)$$

Persamaan (7) disebut sebagai rapat arus saturasi korona.

Pada geometri hiperboloid-bidang (gambar di atas) garis-garis medan berbentuk ellips dengan $d / \cos \theta$ dan R sebagai setengah dari sumbunya. Dengan suatu perkiraan dapat diperoleh

$$L \approx \left(R^2 + \frac{d^2}{\cos^2 \theta} \right)^{1/2} = d(1+2\operatorname{tg}^2 \theta)^{1/2} \quad (8)$$

dengan $R = d \cdot \operatorname{tg} \theta$, persamaan (8) dimasukkan ke persamaan (7) sehingga diperoleh

$$j_s(\theta) \approx \frac{\mu \epsilon_0 V^2}{d^3} (1+2\operatorname{tg}^2 \theta)^{-3/2}$$

$$j_s(\theta) \approx j_{so}(1+2\operatorname{tg}^2 \theta)^{-3/2} \quad (9)$$

Dari distribusi Warburg dirumuskan,

$$j(\theta) = j(\theta) \cos^m(\theta) \quad (10)$$

dengan $m = 5$, maka persamaan (10) dapat dituliskan

$$j_w(\theta) = j_{wo} \cos^5 \theta = j_{wo} (1+2\operatorname{tg}^2 \theta)^{-5/2} \quad (11)$$

Dengan mengintegrasikan persamaan (11) dengan batas integrasi antara $\theta = 0^\circ$ sampai misalnya, pada 63° diperoleh arus ion unipolar korona total I_c

$$I_c \approx \int_{0^\circ}^{63^\circ} j(\theta) d(\theta) = 1,90 d^2 j_{wo} = 2,08 d^2 j_{so} \quad (12)$$

Dari persamaan (12), arus korona total sebanding dengan rapat arus pusat yang menyebar dua kali kuadrat jarak titik-bidang yang dapat dituliskan

$$I_c \approx 2d^2 j_o \quad (13)$$

Dengan menggabungkan persamaan (13) dengan formula (7), diperoleh arus saturasi unipolar korona titik-bidang

$$I_s \approx 2\mu\epsilon_0 V^2/d, \quad \text{atau} \quad \frac{I_s}{V^2} = \frac{2\mu\epsilon_0}{d} \quad (14)$$

Persamaan (2.2) terbukti.



Lampiran D

**DEPARTEMEN TENAGA KERJA
BALAI HIGIENE PERUSAHAAN DAN KESELAMATAN KERJA
PROPINSI JAWA TENGAH**

Jl. Ngesrep Barat III No. 44 Telp. Fax (024) 474495
SEMARANG, 50235

HASIL PENGUJIAN KADAR CO₂

Telah dilakukan pengujian pada peralatan sistem reduksi CO_x dengan menggunakan lucutan pijar korona.

Lokasi : Laboratorium Fisika MIPA Universitas Diponegoro
Semarang.

Tanggal : 21 Agustus 1999

Hasil :

No.	Pengujian	Hasil (ppm)	Keterangan
1.a.	Kadar CO ₂ sebelum digunakan	3000	
b.	Kadar CO ₂ setelah digunakan	1300	
2.a.	Kadar CO ₂ sebelum digunakan	3000	
b.	Kadar CO ₂ setelah digunakan	1200	
3.a.	Kadar CO ₂ sebelum digunakan	3000	
b.	Kadar CO ₂ setelah digunakan	1400	

Mengetahui,

Kepala Seksi PPL

Balai Higiene Perusahaan, Kesehatan



Lampiran E : Hasil Pengukuran Diameter Ujung Jarum

Tabel E. Hasil pengukuran diameter ujung jarum

No.	Diameter (mm)	Rata-rata (mm)
1.	0,3	0,30 \pm 0,5
2.	0,2	
3.	0,3	
4.	0,3	
5.	0,3	

Jari-jari ujung jarum $r = 0,15$ mm.

